

**PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT**

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application: September 4, 2002

Application Number: Japanese Patent Application
No. 2002-258642
[JP2002-258642]

Applicant(s): FUJITSU MEDIA DEVICES LIMITED
FUJITSU LIMITED

March 18, 2003

**Commissioner,
Patent Office**

Shinichiro Ohta (Seal)

Certificate No. 2003-3018389



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-258642

[ST.10/C]:

[JP2002-258642]

出 願 人

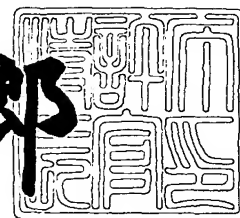
Applicant(s):

富士通メディアデバイス株式会社
富士通株式会社

2003年 3月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3018389

【書類名】 特許願

【整理番号】 02042301

【提出日】 平成14年 9月 4日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H03H 9/25
H03H 9/145

【発明の名称】 弾性表面波素子、フィルタ装置及びその製造方法

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 今井 雅彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 三浦 道雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 松田 隆志

【発明者】

【住所又は居所】 長野県須坂市大字小山460番地 富士通メディアデバイス株式会社内

【氏名】 上田 政則

【発明者】

【住所又は居所】 長野県須坂市大字小山460番地 富士通メディアデバイス株式会社内

【氏名】 伊形 理

【特許出願人】

【識別番号】 398067270

【氏名又は名称】 富士通メディアデバイス株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087480

【弁理士】

【氏名又は名称】 片山 修平

【電話番号】 043-351-2361

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 153948

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0117701

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 弾性表面波素子、フィルタ装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と、該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子であって、

前記シリコン基板における少なくとも前記共振器下の領域の一部にキャビティが形成されていることを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 2】 前記共振器は前記櫛形電極と隣接する反射電極を含み、前記キャビティは前記シリコン基板における前記反射電極下の領域にも形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の弾性表面波素子。

【請求項 3】 前記キャビティは前記シリコン基板における前記櫛形電極下の領域のみに形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の弾性表面波素子。

【請求項 4】 前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域が粗面化されていることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の弾性表面波素子。

【請求項 5】 前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域上に吸音膜を有することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の弾性表面波素子。

【請求項 6】 前記櫛形電極を複数有し、前記キャビティが前記シリコン基板における少なくとも 1 つの前記櫛形電極下の領域の一部に形成されていることを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の弾性表面波素子。

【請求項 7】 前記圧電基板はタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムで形成されていることを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の弾性表面波素子。

【請求項 8】 櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と、該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子において、

前記シリコン基板は抵抗率が $10\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 9】 櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と、該圧電基板より

低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子において、

前記共振器は弾性表面波が伝播する方向において素子端からの距離 d が圧電基板の厚みを t_p とした以下の式 1 を満足する位置に形成されることを特徴とする弾性表面波素子。

$$d \geq t_p \times 3 \quad \dots (\text{式 } 1)$$

【請求項 1 0】 請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波素子と、前記圧電基板上に形成され、前記櫛形電極に電気信号を導入するための電極パッドとを有することを特徴とするフィルタ装置。

【請求項 1 1】 櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子を製造する製造方法であって、

前記シリコン基板における少なくとも前記共振器下の領域の一部にキャビティを形成する第 1 の工程を有することを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 2】 前記共振器は前記櫛形電極と隣接する反射電極を含み、前記第 1 の工程は前記シリコン基板における前記反射電極下の領域にも前記キャビティを形成することを特徴とする請求項 1 1 記載の弾性表面波素子。

【請求項 1 3】 前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域を粗面化する第 2 の工程を有することを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 4】 前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域上に吸音膜を形成する第 2 の工程を有することを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 5】 前記圧電基板は前記共振器が複数形成されており、前記第 1 の工程は前記シリコン基板における少なくとも 1 つの前記共振器下の領域の一部に前記キャビティを形成することを特徴とする請求項 1 1 から 1 4 の何れか 1 項に記載の弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 6】 前記第 1 の工程は前記シリコン基板における前記圧電基板が接合された面と反対側の面から該シリコン基板をエッチングすることで前記キャビティを形成することを特徴とする請求項 1 1 から 1 5 の何れか 1 項に記載の

弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 7】 前記第 1 の工程は R I E 装置を用いて前記シリコン基板をエッチングすることで前記キャビティを形成することを特徴とする請求項 1 6 記載の弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 8】 前記圧電基板はタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムで形成されていることを特徴とする請求項 1 1 から 1 7 の何れか 1 項に記載の弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 1 9】 圧電基板と該圧電基板より低膨張な基板とを有する弾性表面波素子を製造する製造方法において、

前記圧電基板に櫛形電極及び反射電極を含む共振器を形成する第 1 の工程を有し、

前記第 1 の工程は弾性表面波が伝播する方向において素子端からの距離 d が圧電基板の厚みを t_p とした以下の式 1 を満足する位置に前記共振器を形成することを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

$$d \geq t_p \times 3 \quad \dots (\text{式 } 1)$$

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電基板と低膨張材料とを用いた弾性表面波素子、フィルタ装置及びその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

現在、弾性表面波素子は携帯電話機のバンドパスフィルタ等として幅広く活用されている。この弾性表面波素子を利用したフィルタや共振器は小型であり、且つ安価であるといった特長がある。そのため携帯電話機等の通信機器の小型化には弾性表面波素子は不可欠なものとなっている。

【0 0 0 3】

近年では、携帯電話機等の高性能化に伴い、弾性表面波素子を用いたフィルタにもさらなる高性能化が求められている。しかしながら、弾性表面波素子は、温

度変化によって周波数変動してしまうため、温度安定性の改善が必要とされている。

【0004】

従来の技術において、弾性表面波素子用の基板材料として多用されているタンタル酸リチウム(以下、LTという)は、大きな電気機械結合係数を持つ圧電材料である。

【0005】

圧電材料の一般的な傾向として、電気機械結合係数の大きな材料は温度安定性に劣り、逆に、温度安定性に優れた水晶などの材料は電気機械結合係数が小さいという欠点を持つ。このため、LT基板を用いた弾性表面波素子は、広帯域のフィルタ特性を実現するのに有利であるが、水晶基板などに比べ温度安定性に劣るという欠点を持っている。

【0006】

このような欠点を補い、大きな電気機械結合係数と優れた温度安定性を持った材料を実現するために、従来では様々な方法が提案されている。図1に従来の温度特性改善技術の幾つかを示す。

【0007】

図1(a)は従来の技術による弾性表面波素子100の構成を示す断面図である(例えば、非特許文献1参照)。これを以下、従来技術1とする。従来技術1による弾性表面波素子100は、ニオブ酸リチウム(以下、LNという)或いはLTで形成した圧電基板11の表面(楕形電極12が形成された面)に、LN又はLTとは逆の温度係数を持つ石英膜14が成膜されている。即ち、従来技術1では、圧電基板11の温度特性とは逆の温度特性を有する層(石英膜14)を楕形電極12が形成された面上に形成することで、圧電基板11の温度特性を打ち消し、弾性表面波素子100の温度安定性を向上させる。

【0008】

また、図1(b)は従来の技術による弾性表面波素子200の構成を示す断面図である(例えば、特許文献1参照)。これを以下、従来技術2という。従来技術2による弾性表面波素子200は、LTで形成した圧電基板11の表面(楕形

電極 1 2 が形成される側) に層厚が弾性表面波 (以下、SAW という) の波長以下程度の分極反転層 1 5 を形成した構成を有する。即ち、従来技術 2 では、分極反転層 1 5 の電界短絡効果を利用して温度安定性の向上を実現する。

【0009】

また、図 1 (c) は従来の技術による弾性表面波素子 3 0 0 の構成を示す断面図である (例えば、特許文献 2 又は非特許文献 2 参照)。これを以下、従来技術 3 という。従来技術 3 による弾性表面波素子 3 0 0 は、上記の従来技術 1, 2 と比較して薄い圧電基板 1 1 a と、この圧電基板 1 1 a よりも厚い低膨張材料基板 1 6 とを直接接合によって接合した構成を有する。即ち、従来技術 3 では、低膨張材料基板 1 6 を用いることで圧電基板 1 1 a の温度変化による伸縮を抑制して、温度安定性の向上を実現する。

【0010】

しかしながら、上述した従来技術において、従来技術 1 による弾性表面波素子 1 0 0 では、石英膜 1 4 の膜質を一定に制御することが難しい。このため、温度特性改善を目的とした櫛形電極 1 2 上にも石英膜を成膜すると、弾性表面波の伝播損失が大きくなるという問題が発生する。

【0011】

また、従来技術 2 による弾性表面波素子 2 0 0 では、分極反転層 1 5 の深さの制御性に難があるため、製造が困難であり、歩留りが低下するという問題を有する。更にまた、従来技術 3 による弾性表面波素子 3 0 0 では、より高い効果を得るために接合面を鏡面とする必要があるが、その結果、接合界面でバルク波の反射が起こり、フィルタ特性の劣化を引き起こす等の問題を有している。

【0012】

この問題に対して、図 1 (d) に示す弾性表面波素子 4 0 0 のように、圧電基板 1 1 a の裏面 (櫛形電極 1 2 が形成される面の反対面) を粗面化 (粗面 1 8) し、この圧電基板 1 1 a と低膨張材料基板 1 6 とを接着層 1 7 により接合する技術がある (例えば、特許文献 3 参照)。これを以下、従来技術 4 という。

【0013】

【特許文献 1】

特許第2516817号公報

【特許文献2】

特開平11-55070号公報

【特許文献3】

特開2001-53579号公報

【非特許文献1】

山ノ内ら, IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics., vol. SU-31, pp. 51-57 (1984)

【非特許文献2】

大西ら, Proc. of IEEE Ultrasonics Symposium, pp. 335-338 (1998)

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術4ではフィルタ特性を改善できるが、圧電基板11aと低膨張材料基板16との接合界面に接着層17を有しているため、温度特性効果が得にくいという問題がある。更に、従来技術4では、界面の接着力の低下に伴い、温度安定性改善効果も低下するという問題も発生する。

【0015】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたもので、フィルタ特性の劣化を生じることなく、比較的大きな電気機械結合係数を持ち且つ温度安定性に優れた、加工の容易な弾性表面波素子、フィルタ装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するために、本発明は、請求項1記載のように、櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と、該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子であって、前記シリコン基板における少なくとも前記共振器下の領域の一部にキャビティが形成されている構成とする。これにより、

熱に対して圧電基板よりも安定で且つ加工の容易なシリコン基板と比較的大きな電気機械結合係数を持つ圧電基板とが直接接合により接合された直接接合基板において、櫛形電極と圧電基板とを有して形成される共振器下の領域にキャビティ（空隙）が形成されるため、フィルタ特性の劣化を生じることなく、比較的大きな電気機械結合係数を持ち且つ温度安定性に優れた、加工の容易な弾性表面波素子が実現される。

【 0 0 1 7 】

また、上記の弾性表面波素子は、例えば請求項 2 記載のように、前記共振器が前記櫛形電極と隣接する反射電極を含み、前記キャビティが前記シリコン基板における前記反射電極下の領域にも形成されているように構成することもできる。これにより、反射電極と圧電基板とで形成される反射器の反射特性が劣化することを回避できるため、結果として弾性表面波素子のフィルタ特性が劣化することを防止できる。

【 0 0 1 8 】

また、上記の弾性表面波素子は、例えば請求項 3 記載のように、前記キャビティが前記シリコン基板における前記櫛形電極下の領域のみに形成されているように構成することもできる。これにより、共振器において必要最小限の領域にのみキャビティが形成されるため、シリコン基板により温度安定性をより向上させることが可能となる。

【 0 0 1 9 】

また、上記の弾性表面波素子は、例えば請求項 4 記載のように、前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域が粗面化されているように構成することもできる。これにより、圧電基板における櫛形電極が形成された面と反対側の面でバルク波が反射することを防止できるため、フィルタ特性の劣化を防止することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

また、別の例として、上記の弾性表面波素子は、例えば請求項 5 記載のように、前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域上に吸音膜を有するように構成することもできる。これにより、圧電基板における櫛形電極が形成

された面と反対側の面でバルク波が反射することを防止できるため、フィルタ特性の劣化を防止することが可能となる。

【 0 0 2 1 】

また、上記の弾性表面波素子は、例えば請求項 6 記載のように、前記櫛形電極を複数有し、前記キャビティが前記シリコン基板における少なくとも 1 つの前記櫛形電極下の領域の一部に形成されているように構成することもできる。即ち、本発明は、全ての共振器下にキャビティを設けなくとも、少なくとも 1 つの共振器下にキャビティを設けることで、上記の効果を得ることが可能である。

【 0 0 2 2 】

また、上記の弾性表面波素子は、例えば請求項 7 記載のように、前記圧電基板がタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムで形成されているように構成することもできる。このように本発明では、圧電基板の材料として一般的なタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムを使用することが可能である。

【 0 0 2 3 】

また、本発明は、請求項 8 記載のように、櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と、該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子において、前記シリコン基板が抵抗率が $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である構成とする。このように、抵抗率が $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上という比較的高抵抗なシリコン基板を用いることで、エネルギー損失を低減することができる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明は、請求項 9 記載のように、櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と、該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子において、前記共振器が弾性表面波が伝播する方向において素子端からの距離 d が圧電基板の厚みを t_p とした以下の式 1 を満足する位置に形成される構成とする。このように熱に対して圧電基板よりも安定で且つ加工が容易な基板と比較的大きな電気機械結合係数を持つ圧電基板とが直接接合により接合された直接接合基板において、圧電基板の基板厚に応じて共振器の弾性表面波伝播方向における素子端からの距離を確保することで、温度安定性が十分に得られる。

$$d \geq t_p \times 3 \quad \dots (\text{式 } 1)$$

【 0 0 2 5 】

また、本発明は、請求項 1 0 記載のように、上記した何れかの弾性表面波素子と、前記圧電基板上に形成され、前記櫛形電極に電気信号を導入するための電極パッドとを有する構成とする。これにより、上記の効果を得られる弾性表面波素子をパッケージ化したフィルタ装置として提供することができる。

【 0 0 2 6 】

また、本発明は、請求項 1 1 記載のように、櫛形電極を含む共振器を有する圧電基板と該圧電基板より低膨張なシリコン基板とが直接接合された弾性表面波素子を製造する製造方法であって、前記シリコン基板における少なくとも前記共振器下の領域の一部にキャビティを形成する第 1 の工程を有する構成とする。これにより、熱に対して圧電基板よりも安定で且つ加工が容易なシリコン基板と比較的大きな電気機械結合係数を持つ圧電基板とが直接接合により接合された直接接合基板における、櫛形電極と圧電基板とを有して形成される共振器下の領域にキャビティ（空隙）を形成できるため、フィルタ特性の劣化を生じることなく、比較的大きな電機機械結合係数を持ち且つ温度安定性に優れた弾性表面波素子を容易に製造することができる。

【 0 0 2 7 】

また、上記の製造方法は、例えば請求項 1 2 記載のように、前記共振器が前記櫛形電極と隣接する反射電極を含み、前記第 1 の工程が前記シリコン基板における前記反射電極下の領域にも前記キャビティを形成するように構成することもできる。これにより、反射電極と圧電基板とで形成される反射器の反射特性が劣化することを回避する構成が実現できるため、結果としてフィルタ特性の劣化が防止された弾性表面波素子を製造できる。

【 0 0 2 8 】

また、上記の製造方法は、例えば請求項 1 3 記載のように、前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域を粗面化する第 2 の工程を有するように構成することもできる。これにより、圧電基板における櫛形電極が形成された面と反対側の面でバルク波が反射することを防止する構成が実現されるため、結果としてフィルタ特性の劣化が防止された弾性表面波素子を製造できる。

【 0 0 2 9 】

また、別の例として、上記の製造方法は、例えば請求項 1 4 記載のように、前記圧電基板における前記キャビティにより露出された領域上に吸音膜を形成する第 2 の工程を有するように構成することもできる。これにより、圧電基板における櫛形電極が形成された面と反対側の面でバルク波が反射することを防止する構成が実現されるため、結果としてフィルタ特性の劣化が防止された弾性表面波素子を製造できる。

【 0 0 3 0 】

また、上記の製造方法は、例えば請求項 1 5 記載のように、前記圧電基板は前記共振器が複数形成されており、前記第 1 の工程が前記シリコン基板における少なくとも 1 つの前記共振器下の領域の一部に前記キャビティを形成するように構成することもできる。即ち、本発明は、全ての共振器下にキャビティが設けられた弾性表面波素子でなくとも、少なくとも 1 つの共振器下にキャビティが設けられた弾性表面波素子であれば、その効果を得ることが可能である。

【 0 0 3 1 】

また、上記の製造方法は、例えば請求項 1 6 記載のように、前記第 1 の工程が前記シリコン基板における前記圧電基板が接合された面と反対側の面から該シリコン基板をエッチングすることで前記キャビティを形成するように構成することもできる。また、この製造方法において、例えば請求項 1 7 記載のように、前記第 1 の工程が R I E 装置を用いて前記シリコン基板をエッチングすることで前記キャビティを形成するように構成することもできる。これにより、キャビティを基板面に対して垂直に形成することが可能となり、製造工程におけるフィルタ特性や温度安定性の劣化を防止することが可能となる。

【 0 0 3 2 】

また、上記の製造方法は、例えば請求項 1 8 記載のように、前記圧電基板がタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムで形成されているように構成することもできる。このように本発明では、圧電基板の材料として一般的なタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムを使用することが可能である。

【 0 0 3 3 】

また、上記の製造方法は、例えば請求項 1 9 記載のように、圧電基板と該圧電基板より低膨張な基板とを有する弾性表面波素子を製造する製造方法において、前記圧電基板に櫛形電極及び反射電極を含む共振器を形成する第 1 の工程を有し、前記第 1 の工程が弾性表面波が伝播する方向において素子端からの距離 d が圧電基板の厚みを t_p とした以下の式 1 を満足する位置に前記共振器を形成する構成とする。このように熱に対して圧電基板よりも安定で且つ加工が容易な基板と比較的大きな電気機械結合係数を持つ圧電基板とが直接接合により接合された直接接合基板において、圧電基板の基板厚に応じて共振器の弾性表面波伝播方向における素子端からの距離を確保することで、温度安定性が十分に得られる。

$$d \geq t_p \times 3 \quad \dots \text{(式 1)}$$

【 0 0 3 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

【 0 0 3 5 】

〔第 1 の実施形態〕

まず、本発明の第 1 の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。本実施形態は、圧電基板と熱膨張係数の小さい低膨張材料（シリコン基板）とを直接接合により一体化した直接接合基板に R I E（リアクティブ・イオン・エッチング）装置を用いてキャビティ形成し、その底面を粗面化することによって、フィルタ特性の劣化を生じることなく、大きな電気機械結合係数を持ち、且つ温度安定性に優れた、加工のし易い弾性表面波素子を実現する。

【 0 0 3 6 】

図 2 に本実施形態による弾性表面波素子 1 0 の構造を示す。尚、図 2 は図 3 における弾性表面波素子 1 0 の A - A' 断面の概略図である。但し、本実施形態では、複数の直列共振器及（3 a）び複数の並列共振器（3 b）がラダー（梯子）型に接続された構成を有するバンドパスフィルタである弾性表面波素子 1 0 を例示する。

【 0 0 3 7 】

図 2 において、弾性表面波素子 1 0 は、キャビティ（空隙ともいう）1 a を有

する基板 1 上に圧電基板 2 が成膜されており、更に圧電基板 2 上に櫛形電極（インタデジタルトランスデューサ電極ともいう：以下、IDT 電極という）12 及び反射電極 13 が形成された構成を有する。尚、基板 1 と圧電基板 2 とは直接接合により接着される。

【0038】

この構成において、圧電基板 2 は例えばタンタル酸リチウム（LT）やニオブ酸リチウム（LN）で形成される。基板 1 は圧電基板 2 より熱膨張率が低い材料（以下、低膨張材料という）であるシリコン（Si）で形成される。このように低膨張材料として Si を採用することで、本実施形態では RIE 装置を用いて基板 1 にキャビティ 1a を容易に形成することが可能となる。これはキャビティ 1a が形成された領域に位置する圧電基板 2 の裏面に容易に粗面 2a を形成できることにも繋がる。

【0039】

圧電基板 2 の裏面（IDT 電極 12 が形成された面の反対面）におけるキャビティ 1a と対応する領域には粗面 2a が形成される。これにより、圧電基板 2 裏面でのバルク波の反射によるフィルタ特性の劣化を防止することが可能となる。但し、この粗面 2a を有せず、キャビティ 1a のみの構成でも、本実施形態による効果を得ることは可能である。

【0040】

また、キャビティ 1a は、例えば IDT 電極 12 と圧電基板 2 における IDT 電極 12 直下の領域とを含んで形成される共振器 3 に個別に形成される。これにより、必要最低限の面積でキャビティ 1a が形成されるため、低膨張材料で形成された基板 1 の効果を最大限に活用することが可能となる。また、個々のキャビティ 1a は、図 3 に示すように、IDT 電極 12 及びこれの直下に位置する圧電基板 2 で形成される IDT 4 直下の領域だけでなく、反射電極 13 と圧電基板 2 における反射電極 13 直下の領域とで形成される反射器 5 直下の領域にも延在されるように構成しても良い。換言すれば、キャビティ 1a は、1 つの IDT 電極 12 と 2 つの反射電極 12 とを含んで形成される共振器 3 の直下の領域に個別に形成されても良い。

【 0 0 4 1 】

尚、個々の共振器 3 が形成される弾性表面波素子 1 0 上の位置（又はチップ上の位置ともいう）は、直接接合された基板 1 の基板厚 t_{si} （図 3 参照）と圧電基板 2 の基板厚 t_p （図 3 参照）とに基づいて、又は圧電基板 2 の基板厚 t_p のみに基づいて決定する。ここで、基板厚 t_{si} 及び t_p と、弾性表面波（SAW）の伝播方向における弾性表面波素子 1 0 の端からの距離 d （図 3 参照）との関係を図 4 を用いて説明する。

【 0 0 4 2 】

図 4 は LT を用いた圧電基板 2 と Si を用いた基板 1 とを直接接合して形成した弾性表面波素子 1 0 に関して、有限要素法を用いて構造解析シミュレーションを行った結果である。この際、圧電基板 2 の基板厚 t_p と基板 1 の基板厚 t_{si} との比率を変えて、弾性表面波素子 1 0 のチップ配置毎の周波数温度特性（Temperature Coefficient of Frequency：以下、TCF という）を計算した。尚、弾性表面波素子 1 0 のチップサイズは SAW 伝播方向を 1.8 mm とし、これと垂直な水平方向を 1.2 mm とした。また、各基板（1, 2）の基板厚は図 4 に示す通りである。このようなチップサイズにおいて、SAW 伝播方向に関するチップ端から共振器 3 までの最短の距離 d をパラメータとした。但し、距離 d は、弾性表面波素子 1 0 の両端に関して何れか最短の方とする。

【 0 0 4 3 】

尚、基板 1 を設けない圧電基板 2 単体の場合の TCF は約 $-40 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ である。また、本実施形態において、TCF 値が $-25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 程度以下の領域では TCF 値の変動が大きいいため、 $-25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以上の領域を有効エリアとする。

【 0 0 4 4 】

図 4 を参照すると、圧電基板 2 の基板厚 t_p に依存した TCF の値は、 t_p が $30 \mu\text{m}$ の時、チップ端から $100 \mu\text{m}$ で約 $-25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ となり、 t_p が $50 \mu\text{m}$ の時、チップ端から $200 \mu\text{m}$ 弱で約 $-25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ となっている。さらに、 t_p が $100 \mu\text{m}$ の時、チップ端から $300 \mu\text{m}$ で約 $-25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ となっている。また、TCF の値は、基板 1 の基板厚 t_{si} に若干依存するものの

、これを見無視することも可能である。

【0045】

従って図4に示すグラフから、良好なTCFが得られるチップ端からの距離dは以下に示す(式1)で表される。尚、この構成は、本実施形態のようなキャビティ1aを有する構成に対してだけでなく、キャビティを有しない弾性表面波素子に対しても有効である。

$$d \geq t_p \times 3 \quad \dots (式1)$$

【0046】

以上、説明したように、本実施形態では、熱膨張係数が小さいSi基板を用いることにより、温度変化による伸縮を抑え、電気機械結合係数を低下させることなく、弾性表面波素子の温度安定性を向上することができる。また、基板1にシリコンを用いることにより、RIE装置を用いて容易にキャビティが形成でき、更にキャビティ底面の粗面化を行うことによりバルク波を分散させることが可能となる。このため、バルク波の反射によっておこるリップルやスプリアスを要因とするフィルタ特性の劣化を防止することができる。

【0047】

また、本実施形態では、作製した弾性表面波素子10の共振器3の配置を圧電基板2の基板厚 t_p （及び基板1の基板厚 t_{si} ）に基づいて、チップ端から弾性表面波(SAW)伝播方向において決定するため、基板の剛性による応力を緩和させることなく、温度特性を改善することが可能となる。即ち、本実施形態では、圧電基板の厚みと共振器位置との最適化を行うことにより、周波数変動の少ない弾性表面波素子を実現することができる。また、本実施形態において、圧電基板2はLT基板をLN基板に置き換えたとしても、略同等の結果を得ることができる。また、本実施形態で示す構成を有する弾性表面波素子10は、特にリーキSAW(漏洩弾性表面波)を使用したデバイスに有効である。

【0048】

次に、本実施形態による弾性表面波素子10の製造プロセスについて、図面を用いて詳細に説明する。但し、以下の工程では、 $300\mu m$ のSi基板(基板1)と $50\mu m$ のLT基板(圧電基板2)とを有する弾性表面波素子10を製造す

る場合を例に挙げる。

【 0 0 4 9 】

図 5 (a) ~ (c) は弾性表面波素子 1 0 の製造プロセスを示す断面図である。本製造プロセスでは、まず、(a) に示すように、 $300\mu\text{m}$ の Si 基板よりなる基板 1 上に 42° Y カット X 伝播 LT 基板よりなる圧電基板 2 を直接接合で接着し、LT 基板を $50\mu\text{m}$ 程度になるまで研削、研磨する。更に研削、研磨した圧電基板 2 上に、露光、エッチング等を行うことで、櫛形の IDT 電極 1 2 及び格子状の反射電極 1 3 を形成する。尚、基板 1 上に圧電基板 2 を形成する方法には、これらを直接接合とし得るものであれば如何なる方法も適用することが可能である。また、IDT 電極 1 2 及び反射電極 1 3 は、金 (Au) やアルミニウム (Al) や銅 (Cu) やチタン (Ti) 等の少なくとも 1 つを主成分として形成される。尚、本実施形態では、共振器 3 がチップ 1 0 A の SAW 伝播報告における端から $200\mu\text{m}$ のところに位置するように IDT 電極 1 2 及び反射電極 1 3 を形成した。

【 0 0 5 0 】

次に、図 5 (b) に示すように、基板 1 における IDT 電極 1 2 及び反射電極 1 3 が位置する直下の領域を、例えば ICP (Inductively Coupled Plasma) エッチング法を用いたディープ RIE 法 (ボッシュプロセス) で、弾性表面波素子 1 0 の裏面から除去する。以下の表 1 に、このボッシュプロセスにおけるエッチング工程とデポジション工程とのパラメータをまとめる。尚、この際、キャビティ 1 a は、IDT 電極 1 2 の裏面に位置する領域だけに、可能な限り IDT 電極 1 2 よりも面積が大きくなるように形成してもよい。

【表 1】

ボッシュプロセス

	使用ガス/流量	圧力	RF パワー	プロセス時間
エッチング工程	SF ₆ / 450sccm	43mTorr	2200W	9.5sec
デポジション工程	C4F ₈ / 200sccm	22mTorr	1500W	3.0sec

【 0 0 5 1 】

図 5 (b) に示す工程では、上記のパラメータによるエッチング工程とデポジ

ション工程とを例えば250サイクル繰り返すことにより、300 μ mのSi基板（基板1）を貫通するまでエッチングする。尚、この工程では、ICPエッチング法の他にも、ドライエッチング法やウェットエッチング法やサンドブラスト法等を使用することができる。

【0052】

このように、基板1を圧電基板2が露出されるまでエッチングすると、次に図5（c）に示すように、圧電基板2における露出した領域を、例えばサンドブラスト法を用いて粗面化する。これにより粗面2aが形成される。

【0053】

以上のような工程を経ることで、本実施形態による弾性表面波素子10が形成される。尚、例えば図6に示すようにパッケージ10Aを用いて弾性表面波素子10をパッケージ化することで、これを1つのフィルタ装置として構成することも可能である。この際、パッケージングした内部は、乾燥窒素が充填されるか又は真空にされて密閉される。

【0054】

また、本実施形態において、基板1には例えば1 $\Omega \cdot \text{cm}$ 程度以下の比較的低い抵抗率を有するSi基板を使用する。但し、この場合、圧電基板2上に形成された電極パッド6（図3参照）とSi基板（基板1）との間で寄生容量（端子間容量ともいう）が発生する可能性が存在する。本実施形態では、この端子間容量による共振特性の劣化を抑制するために、電極パッド4の面積を可能な限り小さく形成する。これにより、端子間容量の抵抗成分が減少し、共振特性の劣化が抑制されて、比較的 low 損失な弾性表面波フィルタ、即ちバンドパスフィルタ（又は弾性表面波フィルタ）が実現される。図7に、例として2通りの電極パッド4のサイズ（150 μ m四方、250 μ m四方）に関するシミュレーション結果を示す。尚、図7では、弾性表面波素子10における圧電基板2の基板厚を50 μ mとし、基板1の基板厚を300 μ mとした。

【0055】

図7を参照すると明らかなように、基板1に比較的 low 抵抗な材料を使用した場合は、電極パッド3のサイズを小さくした方が減衰量（損失ともいう）が減少

し、フィルタ特性が改善させることが分かる。

【0056】

〔第2の実施形態〕

次に、本発明の第2の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。第1の実施形態では、基板1に比較的低抵抗なSi基板を用いたが、本実施形態では、これを例えば $10\Omega\cdot\text{cm}$ 程度以上の比較的高い抵抗率を有する材料（例えばノンドープのSi）に置き換える。

【0057】

このように、基板1に比較的高抵抗なSi基板を使用することで、本実施形態では、端子間容量のQ値が比較的高い値で構成されるため、共振器の共振抵抗を低く構成することが可能となり、低損失な弾性表面波フィルタが実現される。

【0058】

尚、本実施形態のように、基板1に比較的高抵抗のSi基板を使用する場合、基板1における共振器3（又はIDT電極12）直下の領域にキャビティ1aを形成しなくとも、十分なスプリアス抑制効果を得ることができる。また、他の構成は、第1の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0059】

〔第3の実施形態〕

次に、本発明の第3の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。図8は本実施形態による弾性表面波素子20の構成を示す断面図である。

【0060】

図8を参照すると明らかなように、弾性表面波素子20は、圧電基板2におけるキャビティ1aが形成された領域に、第1の実施形態のような粗面2aが形成されておらず、この代りにバルク波を吸収するための吸音材7が形成されている。この吸音材7は、例えばエポキシ樹脂等の樹脂が成膜されることで形成される。

【0061】

このような構成を有することにより、本実施形態では、第1の実施形態と同様に、バルク波の反射によっておこるリップルやスプリアスを要因とするフィルタ

特性の劣化を防止することができる。また、他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【 0 0 6 2 】

〔第 4 の実施形態〕

次に、本発明の第 4 の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。第 1 の実施形態では、キャビティ 1 a を全ての共振器 3（又は I D T 電極 1 2）の裏面に形成したが、本発明ではこれに限定されず、例えば図 9 に示す弾性表面波素子 3 0 のように、直列共振器 3 a のみに設けても、また、図 1 0 に示す弾性表面波素子 4 0 のように、並列共振器 3 b のみに設けてもよい。換言すれば、本実施形態では、弾性表面波素子 1 0 における少なくとも 1 つの共振器 3（又は I D T 電極 1 2）にキャビティ 1 a を設けていればよい。尚、他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【 0 0 6 3 】

〔他の実施形態〕

以上、説明した実施形態は本発明の好適な一実施形態にすぎず、本発明はその趣旨を逸脱しない限り種々変形して実施可能である。

【 0 0 6 4 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、熱に対して圧電基板よりも安定で且つ加工が容易なシリコン基板と比較的大きな電気機械結合係数を持つ圧電基板とが直接接合により接合された直接接合基板において、櫛形電極と圧電基板とを有して形成される共振器下の領域にキャビティ（空隙）が形成されるため、フィルタ特性の劣化を生じることなく、比較的大きな電機機械結合係数を持ち且つ温度安定性に優れた、加工が容易な弾性表面波素子が実現される。

【 0 0 6 5 】

また、本発明によれば、熱に対して圧電基板よりも安定で且つ加工が容易なシリコン基板と比較的大きな電気機械結合係数を持つ圧電基板とが直接接合により接合された直接接合基板において、圧電基板の基板厚に応じて共振器の弾性表面波伝播方向における素子端からの距離を確保することで、温度安定性が十分に得

られる。

【0066】

また、本発明によれば、上記の効果を得られる弾性表面波素子をパッケージ化したフィルタ装置として提供することができる。更に、本発明によれば、上記の効果を得られる弾性表面波素子の製造方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来技術による弾性表面波素子の構成を示す断面図であり、(a)は従来技術1による弾性表面波素子100の構成を示し、(b)は従来技術2による弾性表面波素子200の構成を示し、(c)は従来技術3による弾性表面波素子300の構成を示し、(d)は従来技術4による弾性表面波素子400の構成を示す。

【図2】

本発明の第1の実施形態による弾性表面波素子10の概略構成を示す断面図である。

【図3】

図2に示す弾性表面波素子10の構成を示す上面図である。

【図4】

基板厚 t_{si} 及び t_p と弾性表面波(SAW)の伝播方向における弾性表面波素子10の端からの距離 d との関係を示すグラフである。

【図5】

本発明の第1の実施形態による弾性表面波素子10の製造プロセスを示す断面図である。

【図6】

弾性表面波素子10をパッケージ化した構成を示す断面図である。

【図7】

本発明の第1の実施形態による弾性表面波素子10において2通りの電極パッド4のサイズ(150 μ m四方, 250 μ m四方)に関するシミュレーション結果を示すグラフである。

【図8】

本発明の第 3 の実施形態による弾性表面波素子 2 0 の構成を示す断面図である

【図 9】

本発明の第 4 の実施形態による弾性表面波素子 3 0 の構成を示す上面図である

【図 1 0】

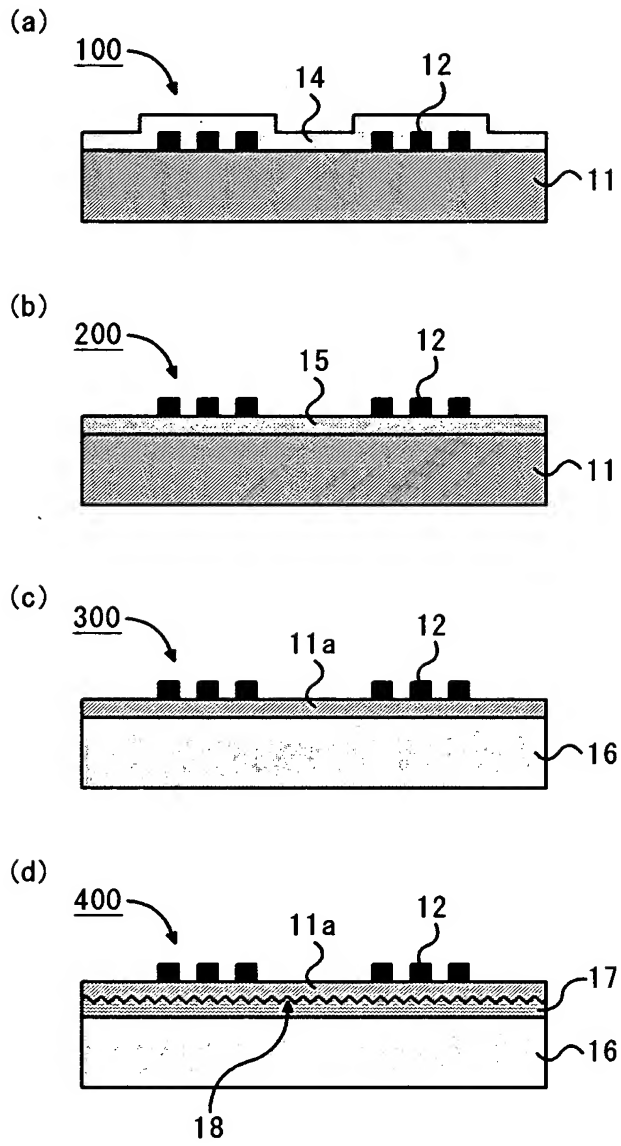
本発明の第 4 の実施形態による弾性表面波素子 4 0 の構成を示す上面図である

【符号の説明】

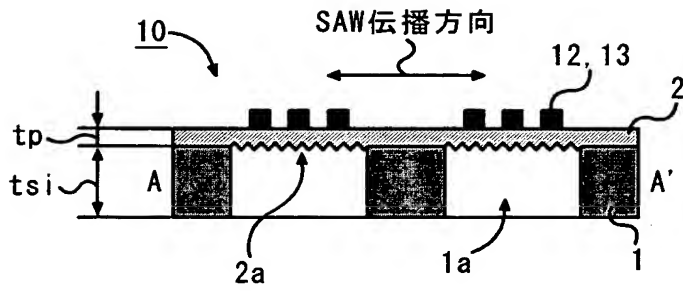
- 1 基板
- 1 a キャビティ
- 2 圧電基板
- 2 a 粗面
- 3 共振器
- 3 a 直列共振器
- 3 b 並列共振器
- 4 I D T
- 5 反射器
- 6 電極パッド
- 7 吸音材
- 1 0、2 0、3 0、4 0 弾性表面波素子
- 1 0 A パッケージ
- 1 2 櫛形 (I D T) 電極
- 1 3 反射電極

【書類名】 図面

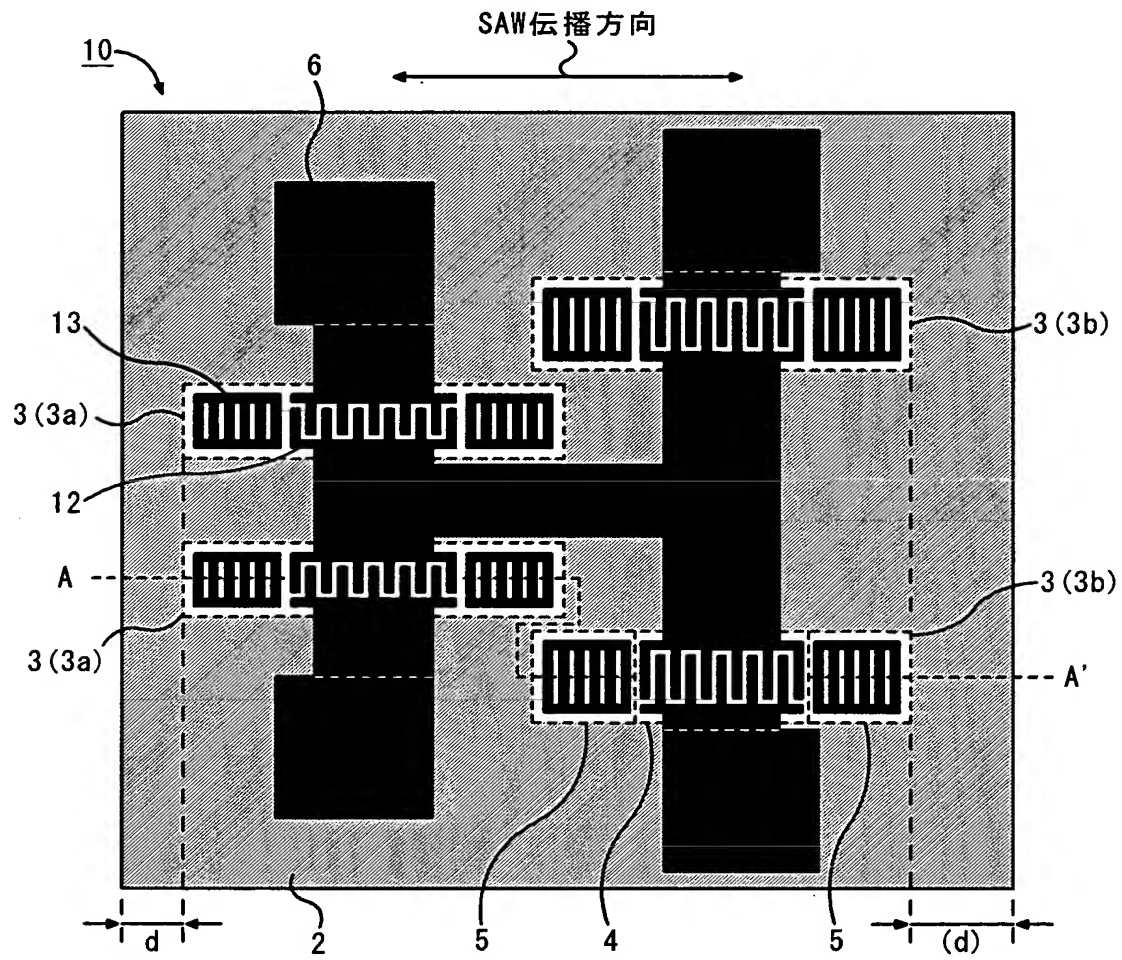
【図 1】



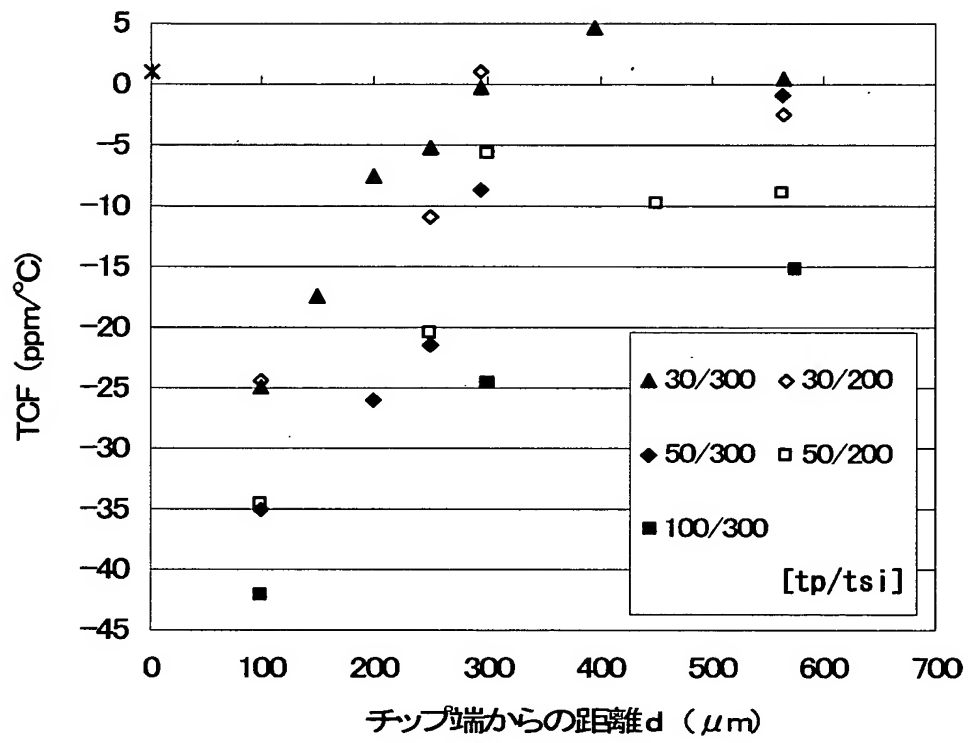
【図 2】



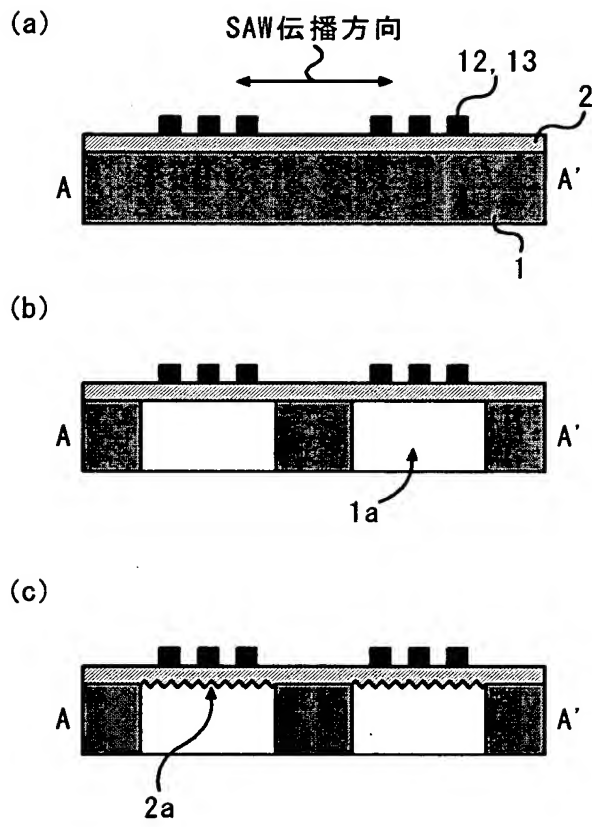
【図 3】



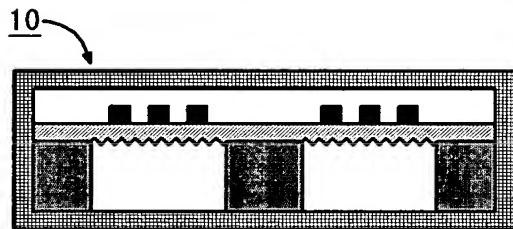
【図 4】



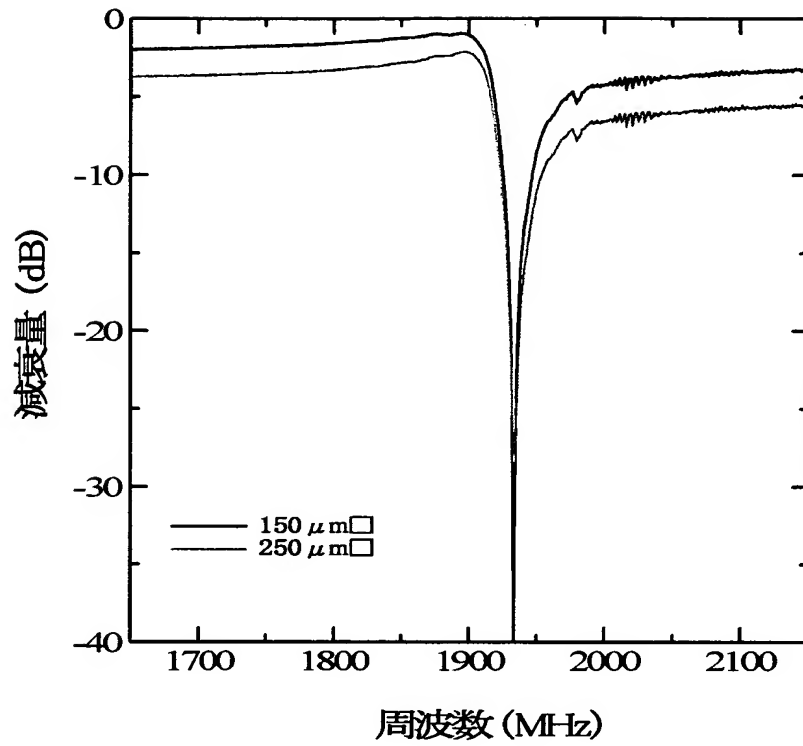
【図 5】



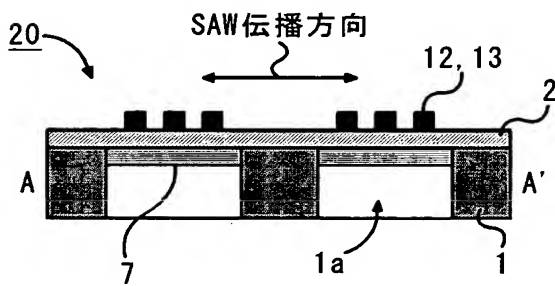
【図 6】



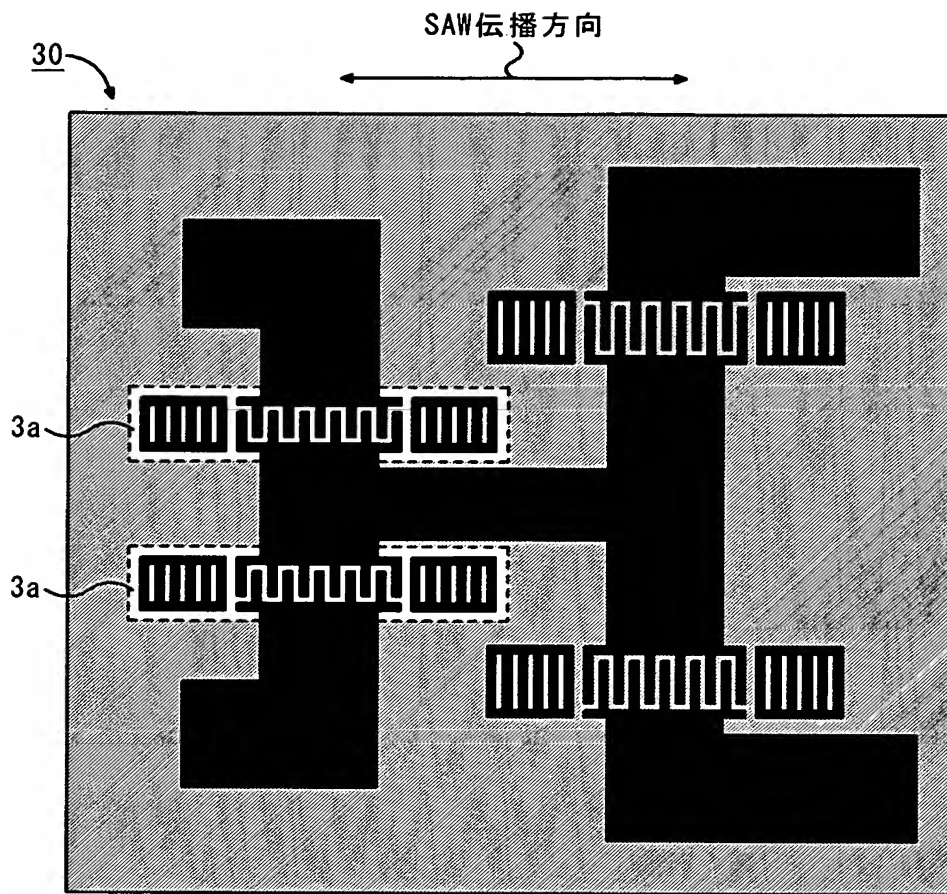
【図 7】



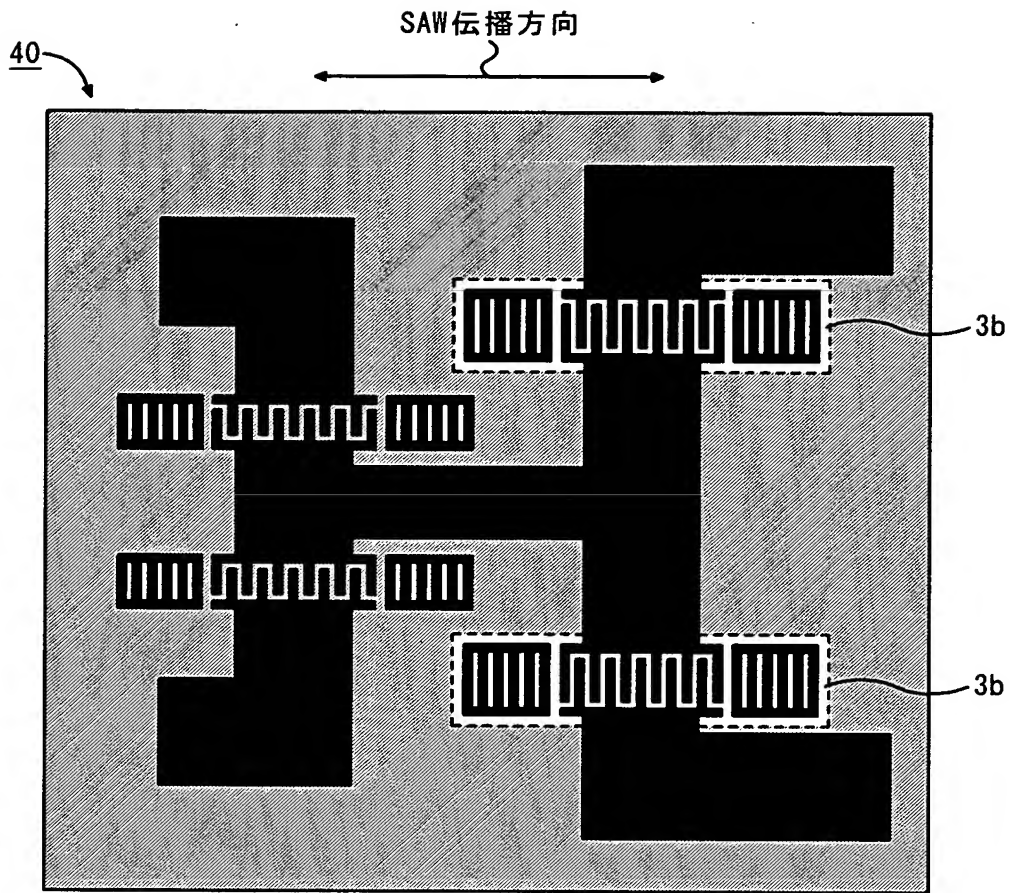
【図 8】



【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フィルタ特性の劣化を生じることなく、比較的大きな電気機械結合係数を持ち且つ温度安定性に優れた弾性表面波素子、フィルタ装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 タンタル酸リチウム（LT）又はニオブ酸リチウム（LN）で形成した圧電基板 2 と、圧電基板 2 よりも熱膨張率が低い材料であるシリコン（Si）で形成した基板 1 とを直接接合で結合する。また、基板 1 において、圧電基板 2 上に形成された楕形電極 1 2（及び反射電極 1 3）直下に位置する領域を RIE 装置等を用いてエッチングすることで、キャビティ 1 a を形成する。更に、キャビティ 1 a により露出された圧電基板 2 の裏面に粗面 2 a 又は吸音層 7 を形成する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [398067270]

1. 変更年月日 1998年10月26日
[変更理由] 新規登録
住 所 長野県須坂市大字小山460番地
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社
2. 変更年月日 2002年10月28日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番地12
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社
3. 変更年月日 2002年11月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番12号
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社